(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2024年12月26日(26.12.2024)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2024/262124 A1

(51) 国際特許分類:
B60L 3/00 (2019.01) *H02M 7/48* (2007.01)
B60L 9/18 (2006.01) *H02P 29/68* (2016.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2024/013238

(22) 国際出願日： 2024年3月29日(29.03.2024)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

(30) 優先権データ：
特願 2023-101069 2023年6月20日(20.06.2023) JP

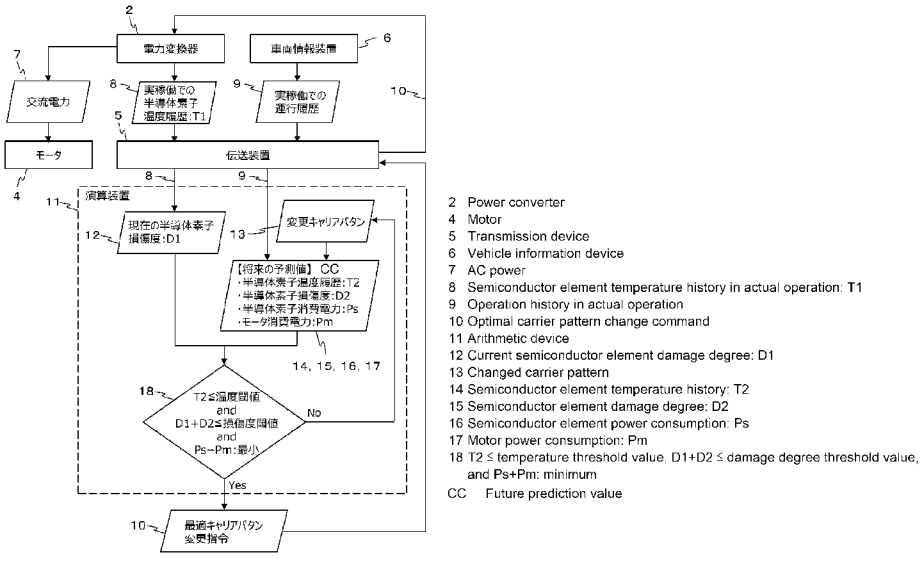
(71) 出願人：株式会社日立製作所(**HITACHI, LTD.**) [JP/JP]；〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目６番６号 Tokyo (JP).

(72) 発明者：安田 陽介 (**YASUDA, Yohsuke**)；〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目６番６号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP). 畑 邦彦(**HATA, Kunihiko**)；〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目６番６号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP). 嶋田 基巳(**SHIMADA, Motomi**)；〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目６番６号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP). 安東 正登(**ANDO, Masato**)；〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目６番６号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP). 谷村 美佳(**TANIMURA, Mika**)；〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目６番６号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP). 福井 洸太郎(**FUKUI, Kotaro**)；〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目６番６号 株式会社日立製作所内

(54) **Title:** DRIVE CONTROL SYSTEM AND DRIVE CONTROL METHOD FOR POWER CONVERTER FOR RAILWAY VEHICLE

(54) 発明の名称： 鉄道車両用電力変換器の駆動制御システムおよび駆動制御方法

図2



2 Power converter
4 Motor
5 Transmission device
6 Vehicle information device
7 AC power
8 Semiconductor element temperature history in actual operation: T1
9 Operation history in actual operation
10 Optimal carrier pattern change command
11 Arithmetic device
12 Current semiconductor element damage degree: D1
13 Changed carrier pattern
14 Semiconductor element temperature history: T2
15 Semiconductor element damage degree: D2
16 Semiconductor element power consumption: Ps
17 Motor power consumption: Pm
18 T2 ≤ temperature threshold value, D1+D2 ≤ damage degree threshold value, and Ps+Pm: minimum
CC Future prediction value

(57) **Abstract:** In order to optimally drive and control a power converter in accordance with an actual operation condition within a range in which the temperature excess and damage of a semiconductor element constituting the power converter are not generated and to reduce the power consumption of a railway vehicle, this drive control system for the power converter for supplying power to a motor mounted on the railway vehicle is provided with an arithmetic device for outputting a command for driving and controlling the power converter constituted by a plurality of semiconductor elements.

WO 2024/262124 A1

［続葉有］

Tokyo (JP). 寺門 秀一(**TERAKADO, Shuichi**); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目６番６号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 弁理士法人第一国際特許事務所(**DAI-ICHI INTERNATIONAL PATENT OFFICE, P.C.**); 〒1010041 東京都千代田区神田須田町二丁目８番地２ Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第21条(3)）

The arithmetic device calculates the current damage degree of the semiconductor element on the basis of the temperature history of the semiconductor element in the actual operation, calculates a future temperature history prediction value of the semiconductor element and a future damage degree prediction value of the semiconductor element on the basis of the operation history of the railway vehicle in the actual operation, selects a control parameter on the basis of the future temperature history prediction value of the semiconductor element, the current damage degree of the semiconductor element, and the future damage degree prediction value of the semiconductor element, and uses the control parameter to output the command.

(57) 要約：電力変換器を構成する半導体素子の温度超過および損傷を発生させない範囲で、実稼働条件に応じて、電力変換器を最適に駆動制御し、鉄道車両の消費電力を低減するために、鉄道車両が搭載するモータに電力を供給する電力変換器の駆動制御システムとして、複数の半導体素子から構成される前記電力変換器を駆動制御する指令を出力する演算装置を備え、演算装置は、実稼働での半導体素子の温度履歴を基にして当該半導体素子の現在の損傷度を演算し、また、実稼働での鉄道車両の運行履歴を基にして半導体素子の将来の温度履歴予測値および半導体素子の将来の損傷度予測値を演算し、更に、半導体素子の将来の温度履歴予測値、半導体素子の現在の損傷度および半導体素子の将来の損傷度予測値に基づいて制御パラメータを選定し、当該制御パラメータを用いて指令を出力する。

明　細　書

発明の名称 ：

鉄道車両用電力変換器の駆動制御システムおよび駆動制御方法

技術分野

[0001]　本発明は、鉄道車両が搭載するモータに電力を供給する電力変換器の駆動制御システムおよび駆動制御方法に関する。

背景技術

[0002]　鉄道車両では、一般的に、その床下に、駆動用モータに供給する電力を制御する電力変換装置が搭載される。電力変換装置には、電流のスイッチングを行って直流／交流の電力変換を行う半導体素子から構成される電力変換器が設置される。半導体素子においては、通電時およびスイッチング時に熱が発生する。この熱により、半導体素子が高温になると、変換効率の低下や素子の劣化が懸念されるため、半導体素子を所定の温度範囲になるように、冷却、制御する必要がある。

[0003]　一方、鉄道車両の電力消費量の低減には、制御パラメータの一つであるキャリア周波数を高くして、駆動用モータの高調波損失を低減することが有効である。ここで、キャリア周波数を高くすると、電力変換器を構成する半導体素子の損失が上昇し、それに伴い半導体素子の温度が上昇する。さらに、半導体素子の温度サイクルにより繰り返し発生する熱応力による損傷が発生しやすくなる。

[0004]　鉄道車両に搭載される電力変換装置の例として、ここでは、特許文献１および特許文献２を挙げる。

特許文献１には、電源からの電力を変換して電気車の負荷に電力を供給する電力変換部と、電力変換部を冷却する冷却部と、電力変換部をＰＷＭ制御する制御部を備え、制御部は、電気車の位置、電力変換部の温度、電気車制御装置の内部の温度、外気温又は電気車の乗車率のいずれか少なくとも１つ以上のパラメータに基づいて、ＰＷＭ制御のキャリア周波数、キャリアパル

ス数又は電力変換部の出力電力を変更する構成が開示されている。かかる従来技術によれば、適切な冷却性能を有し、小型かつ低コストな電気車制御装置を提供する効果が期待される。

[0005] 特許文献２には、電気車のモータごとに設けられ、供給電力をモータを制御する交流電力に変換するインバータを有する電力変換回路と、電気車が定速運転モードで走行する際、電力変換回路の入力電流値またはモータの電流値に基づいて、それぞれのインバータを起動または停止する制御部とを備えた電気車制御装置の構成が開示されている。かかる従来技術によれば、走行状態における高効率な運転状態を、よりきめ細かく制御することのできる電気車制御装置を提供する効果が期待される。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開２０１６－１４０２０４号公報

特許文献2：特開２０１５－６０６３号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 一般的に、電力変換装置は、代表路線における最悪条件で半導体素子の温度が許容値以下、寿命が稼働予定期間以上となるように、設計段階において制御パラメータを設定している。しかしながら、実稼働においては、鉄道車両における、モータ電流、周囲温度、乗車率などの運行履歴が最悪条件ではなく、半導体素子の温度および損傷度がそれぞれの許容値に対し余裕がある場合がある。

[0008] このような条件において、鉄道車両の消費電力を低減するには、制御パラメータの一つであるキャリア周波数を高くして駆動用モータの高調波損失を低減することが有効である。ただし、半導体素子の温度および損傷度がそれぞれの許容値を超えないようにする必要性があるため、キャリア周波数を変更した際の将来の温度および損傷度を予測する必要がある。

[0009] そこで、本発明は、上述した課題に鑑みてなされたものであり、半導体素子の温度超過および損傷を発生させない範囲で、実稼働条件に応じて鉄道車両の消費電力を低減等することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0010] 上記課題を解決するために、鉄道車両が搭載するモータに電力を供給する電力変換器に対して代表的な本発明の駆動制御システムの一つは、複数の半導体素子から構成される電力変換器を駆動制御する指令を出力する演算装置を備え、演算装置は、実稼働での半導体素子の温度履歴を基にして当該半導体素子の現在の損傷度を演算し、また、実稼働での鉄道車両の運行履歴を基にして半導体素子の将来の温度履歴予測値および半導体素子の将来の損傷度予測値を演算し、更に、半導体素子の将来の温度履歴予測値、半導体素子の現在の損傷度および半導体素子の将来の損傷度予測値に基づいて制御パラメータを選定し、当該制御パラメータを用いて指令を出力するものである。

発明の効果

[0011] 本発明によれば、電力変換器を構成する半導体素子の温度超過および損傷を発生させない範囲で、実稼働条件に応じて電力変換器を最適に駆動制御できる。好ましくは、実稼働条件に応じて鉄道車両の消費電力を低減できる。

上記した以外の課題、構成および効果は、以下の実施をするための形態における説明により明らかにされる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]本発明の実施例１に係る鉄道車両用電力変換装置の構成の一例の概要を示す図である。

[図2]実施例１に係る鉄道車両用電力変換器の駆動制御システムのブロック構成および処理フローを示す図である。

[図3]実施例１から実施例３における、電力変換器の制御パラメータの一つであるキャリアパタンを示す図である。

[図4]実施例１から実施例３における、消費電力、半導体素子温度および半導体素子損傷度それぞれとキャリア周波数との関係を示す図である。

[図5]実施例１から実施例３における、消費電力、半導体素子温度および半導体素子損傷度それぞれとキャリア周波数との関係を示す図である。

[図6]実施例２に係る鉄道車両用電力変換器の駆動制御システムのブロック構成および処理フローを示す図である。

[図7]実施例３に係る鉄道車両用電力変換器の駆動制御システムのブロック構成および処理フローを示す図である。

発明を実施するための形態

[0013] 以下、図面を参照しながら、本発明を実施するための形態として、実施例１から実施例３について説明する。なお、これら実施例により本発明が限定されるものではない。また、図面の記載において、同一部分には同一の符号を付して示している。

実施例 １

[0014] 図１は、本発明の実施例１に係る鉄道車両用電力変換器の駆動制御システムの構成の一例の概要を示す図である。なお、図１では、本発明に関わらない鉄道システムの構成要素を省略している。

[0015] 鉄道車両１の床下には、電力変換器２、台車３、モータ４、伝送装置５および車両情報装置６が設置される。また、演算装置１１は、鉄道車両１とは別の場所（例えば、地上側設備）に設置される。

[0016] 電力変換器２は、台車３に設置されるモータ４に交流電力７を供給してモータ４を駆動する。また、電力変換器２は、実稼働での半導体素子温度履歴８（Ｔ１）を伝送装置５に送信する。ここで、電力変換器２は、複数の半導体素子から例えばブリッジ回路により構成される。複数の半導体素子は、半導体素子モジュールとして用いる場合も含むことから、先の「半導体素子温度履歴」、後述する「半導体素子損傷度」および「半導体素子消費電力」における「半導体素子」は、半導体素子モジュールも含むものである。

[0017] 車両情報装置６は、実稼働での運行履歴９を伝送装置５に送信する。

伝送装置５は、実稼働での半導体素子温度履歴８および実稼働での運行履歴９を演算装置１１に送信する。

[0018] 演算装置１１は、伝送装置５に最適キャリアパタン変更指令１０を送信し、伝送装置５は、この最適キャリアパタン変更指令１０を電力変換器２に送信する。

また、演算装置１１は、鉄道車両１の床下に設置する構成でもよく、その場合には、伝送装置５を介することなく、電力変換器２および車両情報装置６それぞれから直に、実稼働での半導体素子温度履歴８および実稼働での運行履歴９を有線により受信する。

[0019] 更に、実稼働での半導体素子温度履歴８が、車両情報装置６を介して伝送装置５に送信されてもよく、実稼働での運行履歴９が、電力変換器２を介して伝送装置５に送信されてもよく、送信経路を限定するものではない。また、電力変換器２、車両情報装置６および伝送装置５を、一つの装置としてまとめて構成してもよい。

[0020] 図２は、実施例１に係る鉄道車両用電力変換器の駆動制御システムのブロック構成および処理フローを示す図である。図において破線で囲む演算装置１１については、その処理態様の概要を機能ブロックのフローチャートで示している。

[0021] 演算装置１１は、伝送装置５を介して、電力変換器２から実稼働での半導体素子温度履歴８（Ｔ１）および車両情報装置６から実稼働での運行履歴９を受信する。

そして、演算装置１１は、実稼働での半導体素子温度履歴８（Ｔ１）を基にして、現在の半導体素子損傷度１２（Ｄ１）を演算する。ここで、半導体素子損傷度とは、熱（温度上昇）による応力に伴う素子の劣化度合いを意味する。

[0022] また、演算装置１１は、実稼働での運行履歴９を基にして、この運行履歴９が鉄道車両１の稼働予定期間中に繰り返される場合を想定し、将来の予測値として、半導体素子温度履歴１４（Ｔ２）、半導体素子損傷度１５（Ｄ２）、半導体素子消費電力１６（Ｐｓ）およびモータ消費電力１７（Ｐｍ）を演算する。以下では、将来の予測値である、半導体素子温度履歴１４（Ｔ２

）、半導体素子損傷度１５（Ｄ２）、半導体素子消費電力１６（Ｐｓ）およびモータ消費電力１７（Ｐｍ）を、それぞれ、将来の半導体素子温度履歴１４（Ｔ２）、将来の半導体素子損傷度１５（Ｄ２）、将来の半導体素子消費電力１６（Ｐｓ）および将来のモータ消費電力１７（Ｐｍ）、と略していう。

[0023] 演算装置１１における処理実行の周期（サイクル）は、例えば、月に１回や、３月や６月に１回といった、ある程度の時間経過を置いて実行する処理サイクルを想定するものである。

[0024] これらの演算結果から、キャリアパタン判定１８を行う。この判定に際しては、半導体素子の温度および損傷度に対して、稼働予定期間内に素子破壊を発生させないための閾値がそれぞれ設定される。キャリアパタン判定１８は、半導体素子の温度の判定として、将来の半導体素子温度履歴１４（Ｔ２）が「Ｔ２≦温度閾値」、かつ、半導体素子の損傷度の判定として、現在の半導体素子の損傷度１２（Ｄ１）と将来の半導体素子損傷度１５（Ｄ２）との合計（Ｄ１＋Ｄ２）が「Ｄ１＋Ｄ２≦損傷度閾値」を満たし、尚かつ、将来の半導体素子消費電力１６（Ｐｓ）と将来のモータ消費電力１７（Ｐｍ）との合計（Ｐｓ＋Ｐｍ）が最小（「Ｐｓ＋Ｐｍ：最小」）であることを判定条件とする。

[0025] ここで、「Ｐｓ＋Ｐｍ：最小」であることを確認するために、異なる制御パラメータで上記の判定を繰り返す。本実施例１では、制御パラメータとして、キャリアパタンを変更することを想定し、変更キャリアパタン１３にて将来の予測値を繰り返し演算する。

[0026] 演算装置１１は、変更キャリアパタン１３が上記３つの判定条件を満たせば（Ｙｅｓ）、それを最適な制御パラメータとして最適キャリアパタン変更指令１０を出力し、伝送装置５に送信する。満たさない場合は（Ｎｏ）、キャリアパタンを変更する。

[0027] 伝送装置５から電力変換器２に最適キャリアパタン変更指令１０が送信され、この最適キャリアパタンを用いて電力変換器２は交流電力７をモータ４

に出力する。

[0028] ここで、実稼働での半導体素子温度履歴８（Ｔ１）は、電力変換器２を構成する複数の半導体素子に設置した温度センサーからの出力値を用いるか、または、それら半導体素子を取り付ける冷却器（図示せず）などの他の構成要素に設置した温度センサーからの出力値を所定演算した値を用いてもよい。

[0029] また、実稼働での運行履歴９は、鉄道車両１に関する、車両の位置、車両の走行速度、車両のノッチ、車両の外気温度、車両の乗車率、車両が搭載するモータの電流および車両が搭載する電力変換器のキャリア周波数などの時間履歴である。その中で例えば、車両の外気温度に関しては、鉄道車両１に設置された温度検出手段を用いるか、あるいは、気象台による観測データを用いてもよい。車両の乗車率に関しては、別の管理システムから取得してもよい。

そしてまた、最適キャリアパタン変更指令１０を出力する頻度は、限定されない。

[0030] 図３は、実施例１から実施例３における、電力変換器２の制御パラメータの一つであるキャリアパタンを示す図である。現行のキャリアパタン１９（実線）に対して、変更キャリアパタン１３（破線）は、非同期ＰＷＭ領域２０ではキャリア周波数を変更し、また、同期ＰＷＭ領域２１ではパルス数を変更する変調率を変更する。これにより、キャリアパタンを変更する。ただし、キャリアパタンは、誘導障害やモータ制御不良を発生させない範囲で変更するものである。

[0031] 図４および図５は、実施例１から実施例３における、消費電力、半導体素子温度および半導体素子損傷度それぞれとキャリア周波数との関係を示す図である。図４および図５において、上のグラフが消費電力、中のグラフが半導体素子温度、下のグラフが損傷度、の各特性を示す。

[0032] ここで、消費電力は、将来の半導体素子消費電力１６（Ｐｓ）と将来のモータ消費電力１７（Ｐｍ）との合計（Ｐｓ＋Ｐｍ）である（以下、「将来の

消費電力（Ｐｓ＋Ｐｍ）」という）。半導体素子は、キャリア周波数が大きくなるほどスイッチング回数が増え、損失すなわち将来の半導体素子消費電力１６（Ｐｓ）が増大する。一方、モータ４は、キャリア周波数が大きくなるほど高調波損失が低減するため、将来のモータ消費電力１７（Ｐｍ）は低減する。すなわち、双方を合計した将来の消費電力（Ｐｓ＋Ｐｍ）は、キャリア周波数に対し極小値をとる。

[0033] 一方、将来の半導体素子温度履歴１４（Ｔ２）の最大値（ｍａｘ）、および、現在と将来の半導体素子損傷度１２と１５との合計（Ｄ１＋Ｄ２）は、キャリア周波数が大きくなるほど半導体素子の損失の増大に伴い大きくなる。上述のとおり、半導体素子の温度および損傷度には、稼働予定期間内に素子破壊を発生させないための閾値（以下、「温度閾値」および「損傷度閾値」という）がそれぞれ設定される。

[0034] 図４では、将来の消費電力（Ｐｓ＋Ｐｍ）が極小値となるキャリア周波数Ａは、将来の半導体素子温度履歴１４（Ｔ２）の最大値（ｍａｘ）が温度閾値と一致するキャリア周波数、および、現在と将来の半導体素子損傷度１２と１５との合計（Ｄ１＋Ｄ２）が損傷度閾値と一致するキャリア周波数、それぞれよりも小さい周波数である。

この場合には、将来の消費電力（Ｐｓ＋Ｐｍ）が極小値となるキャリア周波数Ａが、将来の消費電力（Ｐｓ＋Ｐｍ）を低減するための最適値となり、最適キャリアパタン変更指令１０として出力されることになる。

[0035] 一方、図５では、下のグラフに示すように、キャリア周波数に対する半導体素子損傷度の傾向が急峻である。この場合、将来の消費電力（Ｐｓ＋Ｐｍ）が極小値となるキャリア周波数は、現在と将来の半導体素子損傷度１２と１５との合計（Ｄ１＋Ｄ２）が損傷度閾値と一致するキャリア周波数Ｂよりも大きい周波数である。

したがって、図５のように、将来の消費電力（Ｐｓ＋Ｐｍ）が極小値となるキャリア周波数では、将来の半導体素子損傷度が損傷度閾値よりも大きくなる。そのため、現在と将来の半導体素子損傷度１２と１５との合計（Ｄ１

＋Ｄ２）が損傷度閾値と一致するキャリア周波数Ｂが、将来の消費電力（Ｐｓ＋Ｐｍ）を低減するための最適値となり、最適キャリアパタン変更指令１０として出力されることになる。

[0036] 最後に、実施例１の作用効果について説明する。実施例１によれば、将来の予測値として、半導体素子温度、半導体素子損傷度および消費電力を演算し、素子故障を発生させない閾値以内で消費電力を低減する最適値を演算することができる。これにより、半導体素子の温度超過および損傷を発生させない範囲で、実稼働条件に応じて鉄道車両の消費電力を低減することが可能となる。例えば、設計時に想定していなかった条件で走行したとしても、制御パラメータを都度最適化することで、稼働期間中に故障を発生させない範囲で消費電力を最小化できる。

実施例 2

[0037] 図６は、実施例２に係る鉄道車両用電力変換器の駆動制御システムのブロック構成および処理フローを示す図である。実施例２では、演算装置１１において将来の予測値を演算する際に、鉄道車両の運行条件変更シナリオ２２を追加入力する。

[0038] ここで、運行条件変更シナリオ２２としては、例えば、鉄道車両に関して、運行時間の変更、乗車率の変動、走行路線の変更、運転士の変更および自動運転化の有無、並びに、気候の変動などの少なくともいずれか一つ以上である。これらの運行条件の変更も反映させて、将来の予測値を演算する。

[0039] この実施例２に係る方法により、将来想定される運行条件の変更に応じて、半導体素子の温度超過および損傷を発生させない範囲で、実稼働の条件に応じて鉄道車両の消費電力を低減することが可能となる。

実施例 3

[0040] 図７は、実施例３に係る鉄道車両用電力変換器の駆動制御システムのブロック構成および処理フローを示す図である。実施例３は、キャリアパタン判定１８において適切な解が得られなかった場合の対処も考慮したものである。

[0041] 例えば、設計時に想定していた運行条件よりも実稼働での条件が厳しく、現在と将来の半導体素子損傷度１２と１５との合計（Ｄ１＋Ｄ２）＜損傷度閾値となるキャリアパタンが見つからなかった場合、半導体素子交換指令２３をメンテナンス管理システム２４に出力して半導体素子の交換を促す。

[0042] ここで、実施例３では、演算装置１１での１回の処理ループの中でキャリアパタン判定１８を行う回数を、所定のＮ回に制限することで、半導体素子交換指令２３の出力判定２５を行う。ただし、出力判定の方法は、これに限定されるものではない。

[0043] この実施例３に係る方法により、半導体素子が稼働中に損壊する前に半導体素子を交換することができ、予期せぬ故障を抑制することが可能となる。

[0044] 以上、本発明を実施するための形態として実施例１から実施例３について説明したが、本発明は、上述した実施例１から実施例３に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲において種々の変更が可能である。

符号の説明

[0045] １：鉄道車両、２：電力変換器、３：台車、４：モータ、５：伝送装置、６：車両情報装置、７：交流電力、８：実稼働での半導体素子温度履歴（Ｔ１）、９：実稼働での運行履歴、１０：最適キャリアパタン変更指令、１１：演算装置、１２：現在の半導体素子損傷度（Ｄ１）、１３：変更キャリアパタン、１４：将来の半導体素子温度履歴（Ｔ２）、１５：将来の半導体素子損傷度（Ｄ２）、１６：将来の半導体素子消費電力（Ｐｓ）、１７：将来のモータ消費電力（Ｐｍ）、１８：キャリアパタン判定、１９：現行のキャリアパタン、２０：非同期ＰＷＭ領域、２１：同期ＰＷＭ領域、２２：運行条件変更シナリオ、２３：半導体素子交換指令、２４：メンテナンス管理システム、２５：半導体素子交換指令の出力判定

請求の範囲

[請求項1] 鉄道車両が搭載するモータに電力を供給する電力変換器の駆動制御システムであって、

複数の半導体素子から構成される前記電力変換器を駆動制御する指令を出力する演算装置を備え、

前記演算装置は、

実稼働での前記半導体素子の温度履歴を基にして当該半導体素子の現在の損傷度を演算し、また、実稼働での前記鉄道車両の運行履歴を基にして前記半導体素子の将来の温度履歴予測値および前記半導体素子の将来の損傷度予測値を演算し、更に、

前記半導体素子の将来の温度履歴予測値、前記半導体素子の現在の損傷度および前記半導体素子の将来の損傷度予測値に基づいて制御パラメータを選定し、当該制御パラメータを用いて前記指令を出力することを特徴とする駆動制御システム。

[請求項2] 請求項１に記載の駆動制御システムであって、

前記演算装置は、

実稼働での前記鉄道車両の運行履歴を基にして前記半導体素子の将来の消費電力予測値および前記モータの将来の消費電力予測値を演算し、

前記半導体素子の将来の温度履歴予測値が所定の温度閾値以下で、かつ、前記半導体素子の現在の損傷度および前記半導体素子の将来の損傷度予測値に基づく前記半導体素子の損傷度が所定の損傷度閾値以下となる条件で、当該半導体素子の将来の消費電力予測値および前記モータの将来の消費電力予測値に基づいて前記制御パラメータを選定する

ことを特徴とする駆動制御システム。

[請求項3] 請求項１または請求項２に記載の駆動制御システムであって、

前記演算装置を、地上側設備としてまたは前記鉄道車両の車上側に

備え、前記地上側設備として備える場合には、当該演算装置と前記電力変換器との間のデータを送受する伝送装置を備える
ことを特徴とする駆動制御システム。

[請求項4] 請求項１から請求項３のいずれか１項に記載の駆動制御システムであって、
前記制御パラメータは、前記電力変換器を駆動するためのキャリアパタンである
ことを特徴とする駆動制御システム。

[請求項5] 請求項１から請求項４のいずれか１項に記載の駆動制御システムであって、
実稼働での前記鉄道車両の運行履歴は、当該鉄道車両に関して、位置、走行速度、ノッチ、外気温度、乗車率、前記モータの電流および前記電力変換器のキャリア周波数、の各時間履歴の内の所定数以上の時間履歴である
ことを特徴とする駆動制御システム。

[請求項6] 請求項１から請求項５のいずれか１項に記載の駆動制御システムであって、
実稼働での前記鉄道車両の運行履歴に対し、当該鉄道車両の運行条件が変更された場合の運行条件変更シナリオを用いて、前記半導体素子の将来の、温度履歴予測値、損傷度予測値および消費電力予測値、並びに前記モータの将来の消費電力予測値、を演算する
ことを特徴とする駆動制御システム。

[請求項7] 請求項６に記載の駆動制御システムであって、
前記運行条件変更シナリオは、前記鉄道車両に関して、運行時間の変更、乗車率の変動、走行路線の変更、運転士の変更および自動運転化の有無、並びに、気候の変動、の内少なくとも一つ以上である
ことを特徴とする駆動制御システム。

[請求項8] 請求項１から請求項７のいずれか１項に記載の駆動制御システムで

あって、

前記演算装置は、前記制御パラメータを選定できない場合には、前記半導体素子の交換指令を生成する

ことを特徴とする駆動制御システム。

[請求項9] 鉄道車両が搭載するモータに電力を供給する電力変換器の駆動制御方法であって、

複数の半導体素子から構成される前記電力変換器に対して、

実稼働での前記半導体素子の温度履歴を取得し、当該温度履歴を基にして前記半導体素子の現在の損傷度を演算し、

実稼働での前記鉄道車両の運行履歴を取得し、当該運行履歴を基にして前記半導体素子の将来の温度履歴予測値および前記半導体素子の将来の損傷度予測値を演算し、

前記半導体素子の将来の温度履歴予測値、前記半導体素子の現在の損傷度および前記半導体素子の将来の損傷度予測値に基づいて制御パラメータを選定し、

前記制御パラメータを用いて前記電力変換器を駆動制御する指令を出力する

ことを特徴とする駆動制御方法。

[請求項10] 請求項９に記載の駆動制御方法であって、

前記運行履歴を基にして前記半導体素子の将来の消費電力予測値および前記モータの将来の消費電力予測値を演算し、

前記制御パラメータを、前記半導体素子の将来の温度履歴予測値が所定の温度閾値以下で、かつ、前記半導体素子の現在の損傷度および前記半導体素子の将来の損傷度予測値に基づく前記半導体素子の損傷度が所定の損傷度閾値以下となる条件で、当該半導体素子の将来の消費電力予測値および前記モータの将来の消費電力予測値に基づいて選定する

ことを特徴とする駆動制御方法。

[請求項11] 請求項９または請求項１０に記載の駆動制御方法であって、

前記制御パラメータは、前記電力変換器を駆動するためのキャリアパタンである

ことを特徴とする駆動制御方法。

[請求項12] 請求項９から請求項１１のいずれか１項に記載の駆動制御方法であって、

実稼働での前記鉄道車両の運行履歴に対し、当該鉄道車両の運行条件が変更された場合の運行条件変更シナリオを用いて、前記半導体素子の将来の、温度履歴予測値、損傷度予測値および消費電力予測値、並びに前記モータの将来の消費電力予測値、を演算する

ことを特徴とする駆動制御方法。

[請求項13] 請求項９から請求項１２のいずれか１項に記載の駆動制御方法であって、

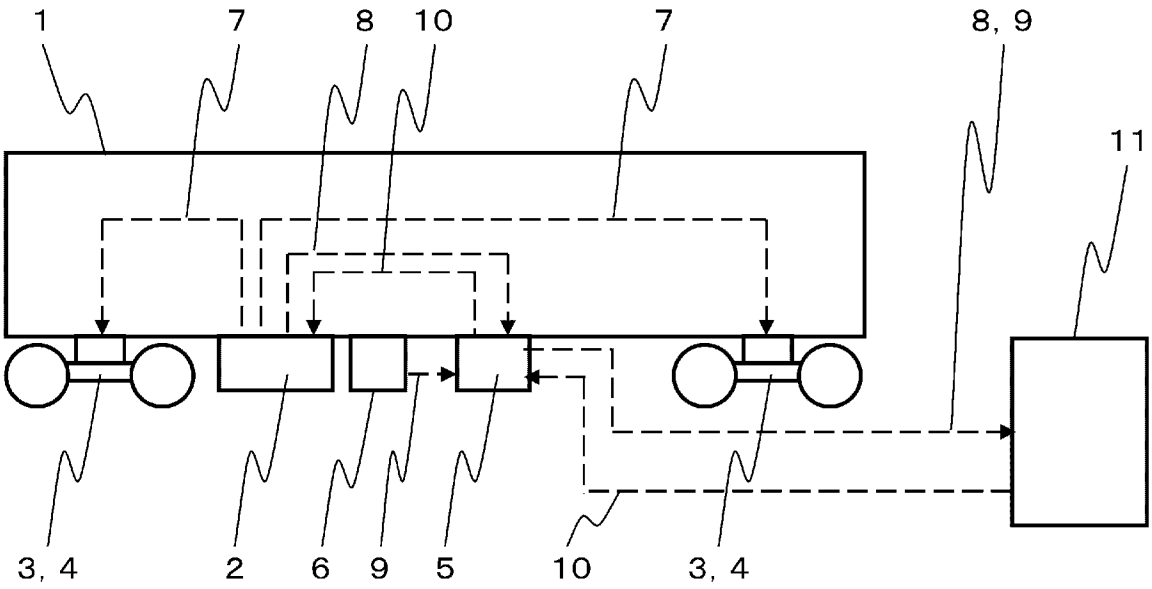
前記制御パラメータを選定できない場合には、前記半導体素子を交換する指令を生成する

ことを特徴とする駆動制御方法。

WO 2024/262124 PCT/JP2024/013238

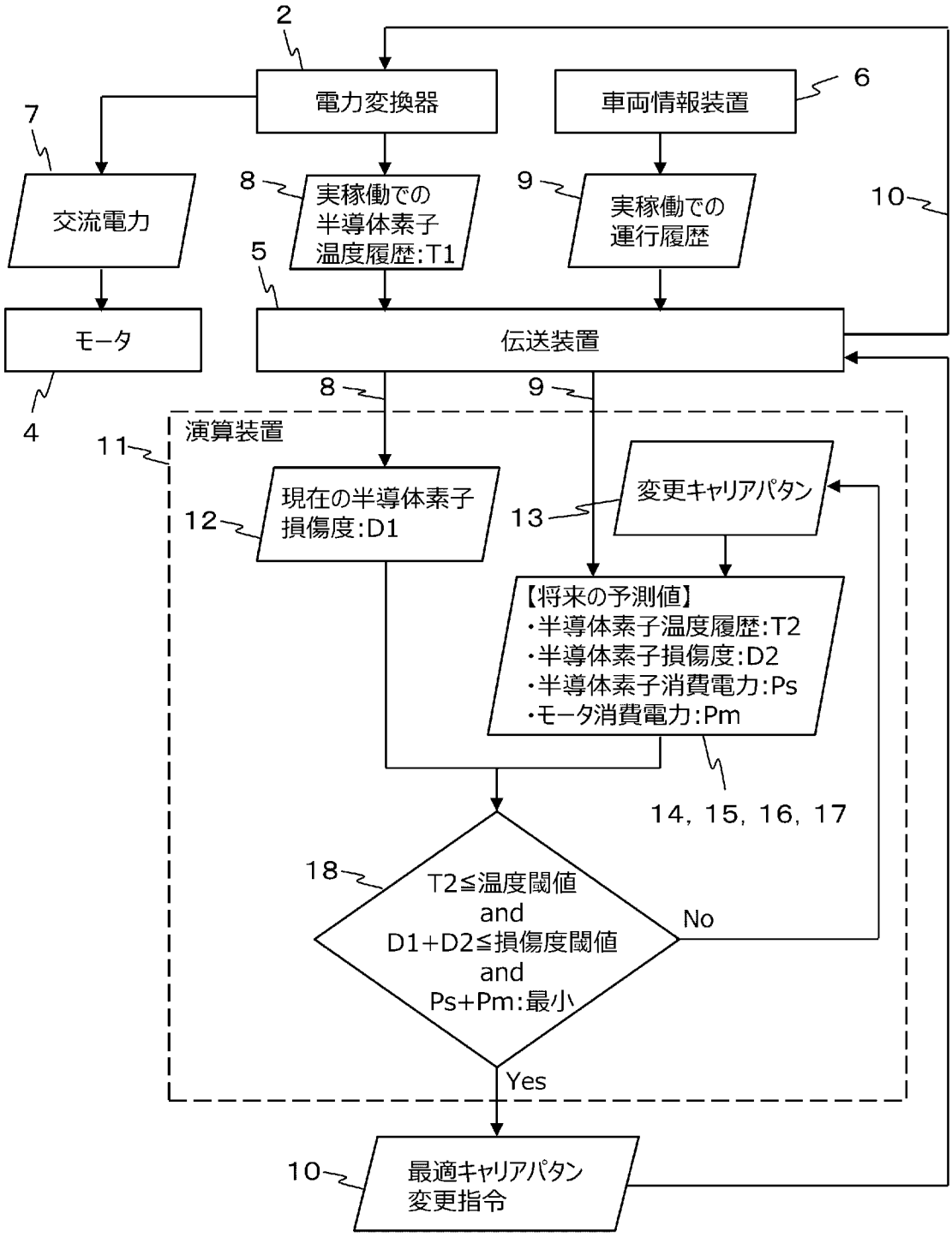
[図1]

図1



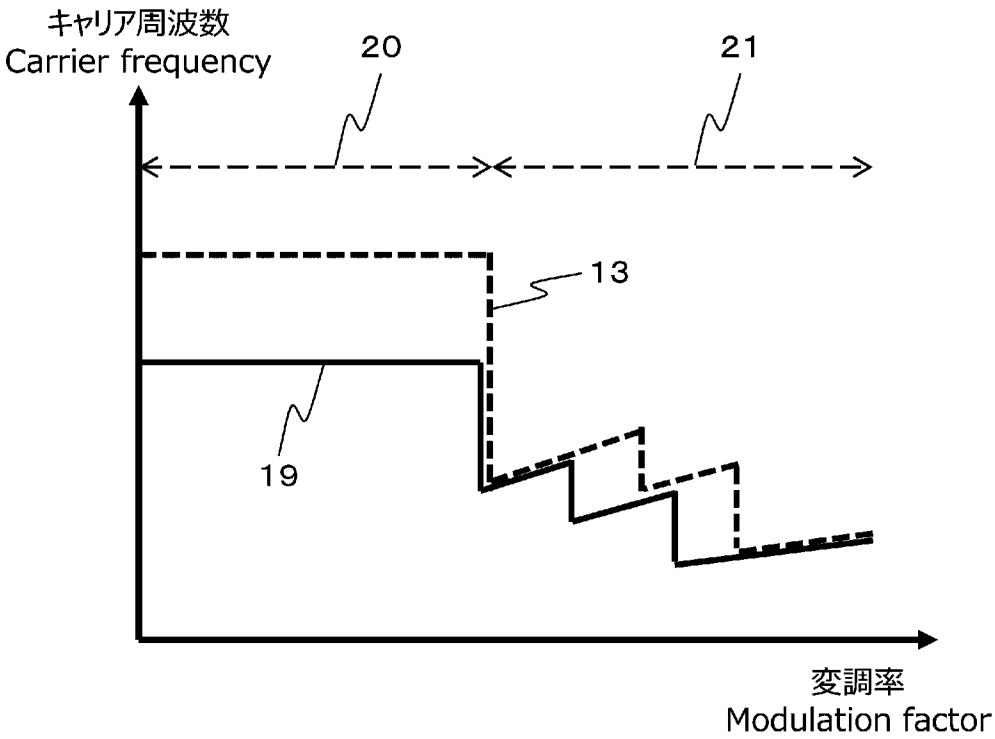
[図2]

図2


2
電力変換器
車両情報装置
6
7
交流電力
8
実稼働での
半導体素子
温度履歴:T1
9
実稼働での
運行履歴
10
5
モータ
伝送装置
4
8
9
演算装置
11
現在の半導体素子
損傷度:D1
12
変更キャリアパタン
13
【将来の予測値】
・半導体素子温度履歴:T2
・半導体素子損傷度:D2
・半導体素子消費電力:Ps
・モータ消費電力:Pm
14, 15, 16, 17
18
T2≦温度閾値
and
D1+D2≦損傷度閾値
and
Ps+Pm:最小
No
Yes
10
最適キャリアパタン
変更指令

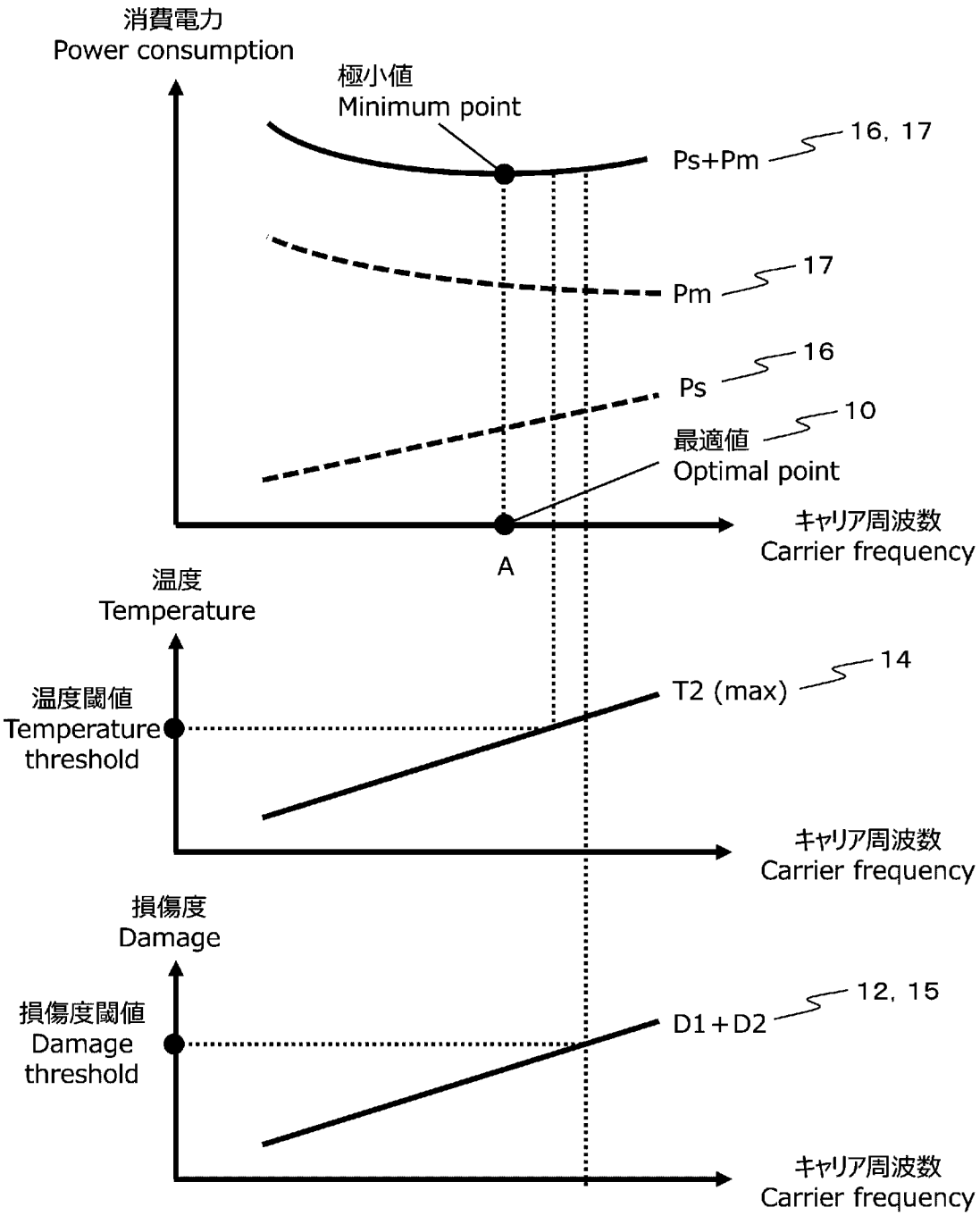
[図3]

図3


キャリア周波数
Carrier frequency
20
21
13
19
変調率
Modulation factor

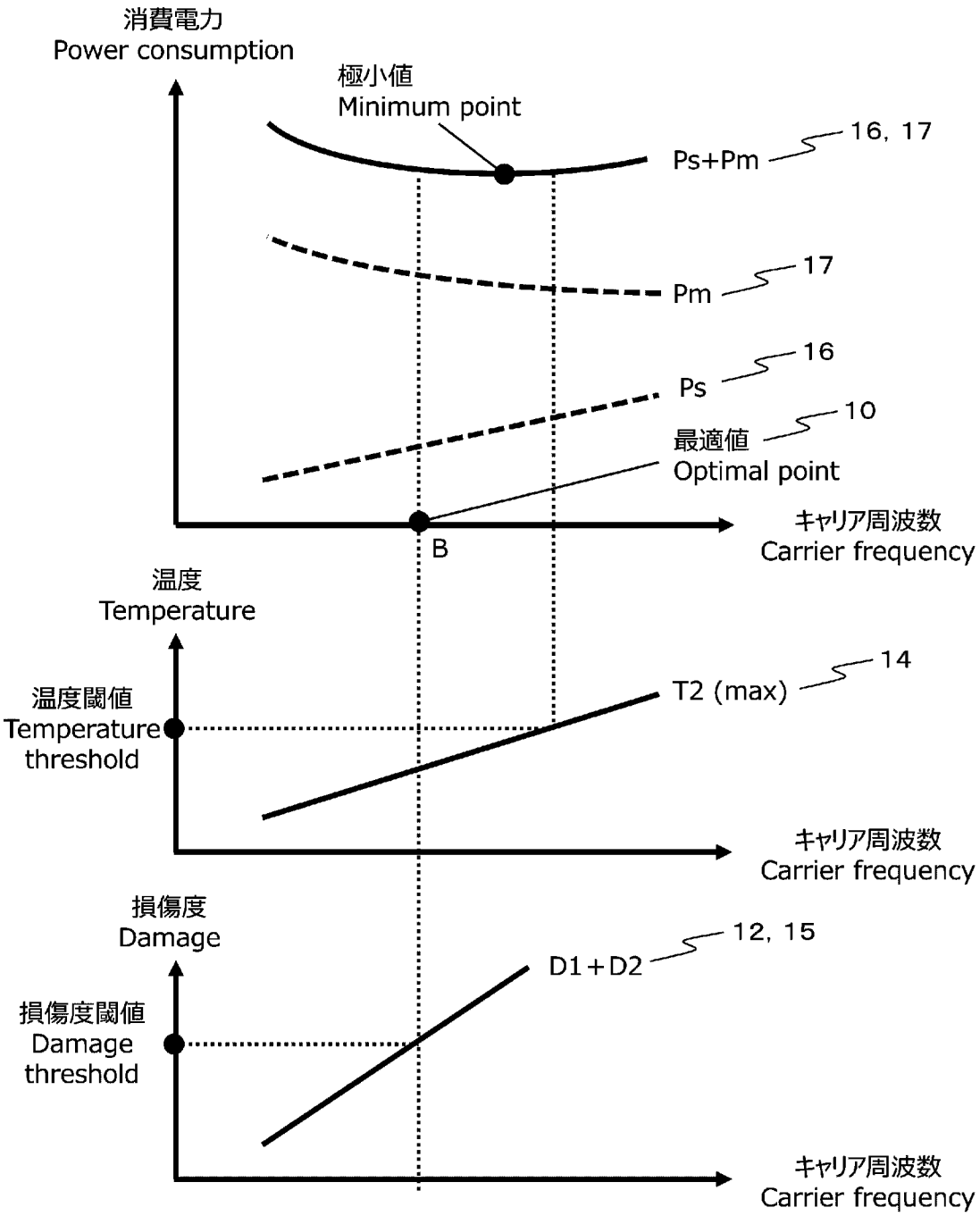
[図4]

図4


消費電力
Power consumption
極小値
Minimum point
Ps+Pm
16, 17
Pm
17
Ps
16
最適値
Optimal point
10
A
キャリア周波数
Carrier frequency
温度
Temperature
温度閾値
Temperature threshold
T2 (max)
14
キャリア周波数
Carrier frequency
損傷度
Damage
損傷度閾値
Damage threshold
D1＋D2
12, 15
キャリア周波数
Carrier frequency

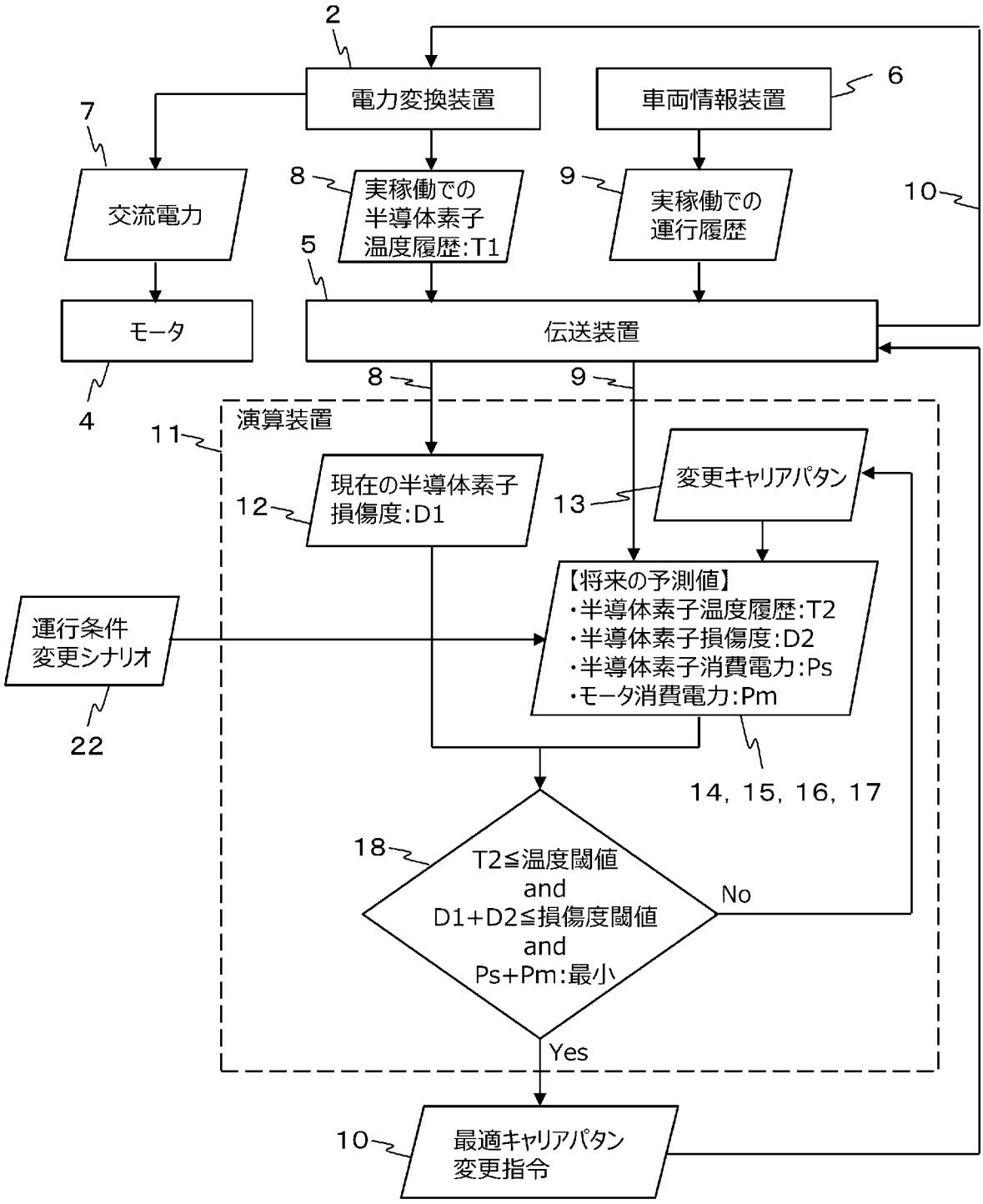
[図5]

図5


消費電力
Power consumption
極小値
Minimum point
Ps+Pm
16, 17
Pm
17
Ps
16
最適値
Optimal point
10
B
キャリア周波数
Carrier frequency
温度
Temperature
温度閾値
Temperature threshold
T2 (max)
14
キャリア周波数
Carrier frequency
損傷度
Damage
損傷度閾値
Damage threshold
D1＋D2
12, 15
キャリア周波数
Carrier frequency

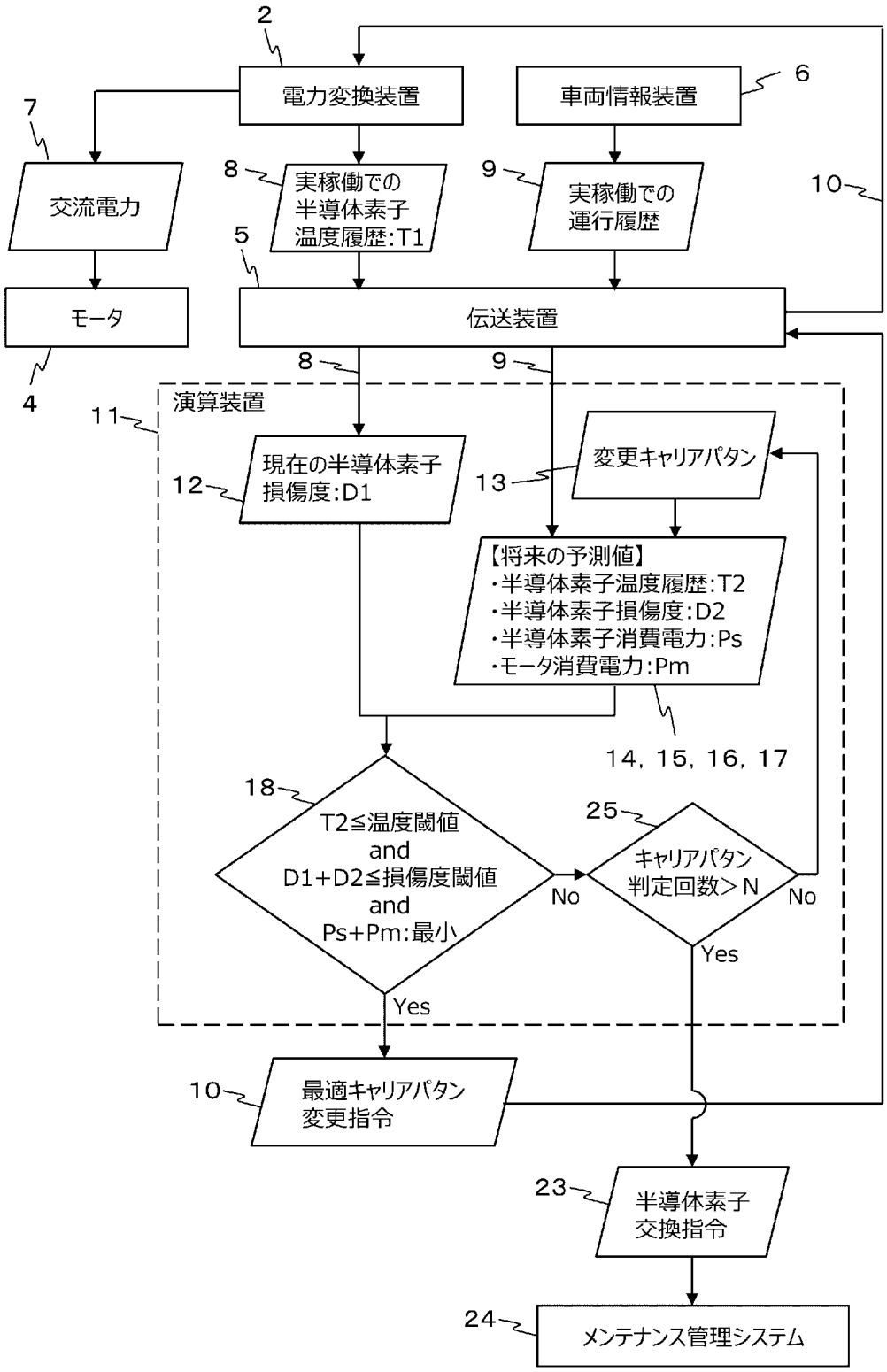
[図6]

図6


2
電力変換装置
車両情報装置
6
7
交流電力
8
実稼働での
半導体素子
温度履歴:T1
9
実稼働での
運行履歴
10
5
モータ
伝送装置
4
8
9
演算装置
11
現在の半導体素子
損傷度:D1
12
13
変更キャリアパタン
【将来の予測値】
・半導体素子温度履歴:T2
・半導体素子損傷度:D2
・半導体素子消費電力:Ps
・モータ消費電力:Pm
運行条件
変更シナリオ
22
14, 15, 16, 17
18
T2≦温度閾値
and
D1+D2≦損傷度閾値
and
Ps+Pm:最小
No
Yes
10
最適キャリアパタン
変更指令

[図7]

図7


2
電力変換装置
車両情報装置
6
7
交流電力
8
実稼働での
半導体素子
温度履歴:T1
9
実稼働での
運行履歴
10
5
モータ
伝送装置
4
8
9
演算装置
11
現在の半導体素子
損傷度:D1
12
13
変更キャリアパタン
【将来の予測値】
・半導体素子温度履歴:T2
・半導体素子損傷度:D2
・半導体素子消費電力:Ps
・モータ消費電力:Pm
14, 15, 16, 17
18
T2≦温度閾値
and
D1+D2≦損傷度閾値
and
Ps+Pm:最小
No
25
キャリアパタン
判定回数>N
No
Yes
Yes
10
最適キャリアパタン
変更指令
23
半導体素子
交換指令
24
メンテナンス管理システム

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2024/013238

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B60L 3/00(2019.01)i; ***B60L 9/18***(2006.01)i; ***H02M 7/48***(2007.01)i; ***H02P 29/68***(2016.01)i
FI: B60L3/00 C; B60L9/18 L; H02P29/68; H02M7/48 M

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B60L3/00; B60L9/18; H02M7/48; H02P29/68

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2024
Registered utility model specifications of Japan 1996-2024
Published registered utility model applications of Japan 1994-2024

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2019-47695 A (HITACHI, LTD.) 22 March 2019 (2019-03-22) paragraphs [0015]-[0050], fig. 1-11	1, 3, 5, 8-9, 13
A	paragraphs [0015]-[0050], fig. 1-11	2, 4, 6-7, 10-12
Y	JP 2019-75891 A (HITACHI, LTD.) 16 May 2019 (2019-05-16) paragraphs [0017]-[0053], fig. 1-3	1, 3, 5, 8-9, 13
A	paragraphs [0017]-[0053], fig. 1-3	2, 4, 6-7, 10-12
A	JP 2018-26946 A (HITACHI, LTD.) 15 February 2018 (2018-02-15) entire text, all drawings	1-13
A	JP 2021-46170 A (DENSO CORPORATION) 25 March 2021 (2021-03-25) entire text, all drawings	2,10

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"D" document cited by the applicant in the international application
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
07 June 2024	**18 June 2024**

Name and mailing address of the ISA/JP	Authorized officer
Japan Patent Office (ISA/JP) **3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915** **Japan**	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2024/013238

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2019-47695 A	22 March 2019	US 2021/0021227 A1 paragraphs [0025]-[0061], fig. 1-11 WO 2019/049399 A1 DE 112018003244 T5 CN 110710095 A KR 10-2020-0006118 A	
JP 2019-75891 A	16 May 2019	(Family: none)	
JP 2018-26946 A	15 February 2018	(Family: none)	
JP 2021-46170 A	25 March 2021	(Family: none)	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2024/013238

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

B60L 3/00(2019.01)i; B60L 9/18(2006.01)i; H02M 7/48(2007.01)i; H02P 29/68(2016.01)i
FI: B60L3/00 C; B60L9/18 L; H02P29/68; H02M7/48 M

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

B60L3/00; B60L9/18; H02M7/48; H02P29/68

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０２４年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２４年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２４年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー*	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Y	JP 2019-47695 A (株式会社日立製作所) 22.03.2019 (2019-03-22) 段落[0015]-[0050], 図1-11	1,3,5,8-9,13
A	段落[0015]-[0050], 図1-11	2,4,6-7,10-12
Y	JP 2019-75891 A (株式会社日立製作所) 16.05.2019 (2019-05-16) 段落[0017]-[0053], 図1-3	1,3,5,8-9,13
A	段落[0017]-[0053], 図1-3	2,4,6-7,10-12
A	JP 2018-26946 A (株式会社日立製作所) 15.02.2018 (2018-02-15) 全文、全図	1-13
A	JP 2021-46170 A (株式会社デンソー) 25.03.2021 (2021-03-25) 全文、全図	2,10

☐ Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☑ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
“D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献
“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
“&” 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
07.06.2024	18.06.2024

名称及びあて先
日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

権限のある職員（特許庁審査官）
安池　一貴 3H 2345

電話番号 03-3581-1101 内線 3316

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2024/013238

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2019-47695 A	22.03.2019	US 2021/0021227 A1 段落[0025]-[0061], 図1-11 WO 2019/049399 A1 DE 112018003244 T5 CN 110710095 A KR 10-2020-0006118 A	
JP 2019-75891 A	16.05.2019	（ファミリーなし）	
JP 2018-26946 A	15.02.2018	（ファミリーなし）	
JP 2021-46170 A	25.03.2021	（ファミリーなし）	